

KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

Patent Laid-Open Gazette

(51) IPC Code: H01M 2/02

(11) Publication No.: P2001-0031769

(43) Publication Date: 16 April 2001

(21) Application No.: 10-2000-7004835

(22) Application Date: 4 May 2000

(71) Applicant:

Sanyo Electric Co., Ltd.

(72) Inventor:

SHINOHARA, WATARU

YAMAMOTO, YASUAKI

HOSOKAWA, HIROSHI

YAMAUCHI, YASUHIRO

(54) Title of the Invention:

Method of Manufacturing Enclosed Battery and Enclosed Battery

Abstract:

A method of manufacturing an enclosed battery and an enclosed battery, in which productivity can be maintained as high as possible while suppressing crack due to welding by energy beam such as laser beam even in the case where a material such as aluminum alloy is used for outer packaging cans and sealing cap plates.

The enclosed battery is manufactured by providing a rib on the sealing cap plate, making an opening edge portion of the outer packaging can thin in wall thickness, and welding the rib to the opening edge of the outer packaging can. Subsequently, a laser beam having an energy distribution with a flat portion is used to weld the sealing cap plate and the outer packaging can to each other to manufacture the enclosed battery. Further, the sealing cap plate and the outer packaging can are welded to each other while a fusion zone is slowly cooled.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl.
H01M 2/02

(11) 공개번호 특2001-0031769

(43) 공개일자 2001년04월16일

| | | | |
|---------------|---|-------------|-------------|
| (21) 출원번호 | 10-2000-7004835 | (87) 국제공개번호 | WO 99/25035 |
| (22) 출원일자 | 2000년05월04일 | (87) 국제공개일자 | 1999년05월20일 |
| 번역문제출일자 | 2000년05월04일 | | |
| (86) 국제출원번호 | PCT/JP 98/04990 | | |
| (86) 국제출원출원일자 | 1998년11월06일 | | |
| (81) 지정국 | EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 사이프러스 독일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 | | |
| | 국내특허 : 캐나다 중국 일본 대한민국 미국 | | |
| (30) 우선권주장 | 특원평 9-306183 1997년11월07일 일본(JP) 특원평 10-279094 1998년09월30일 일본(JP) 특원평 10-279095 1998년09월30일 일본(JP) | | |
| (71) 출원인 | 산요 덴키 가부시카가이샤 다카노 야스마키 | | |
| (72) 발명자 | 일본 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2초메 5반 5고 시노하라와타루 일본국 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2초메 5반 5고 야마모토 야스마키 일본국 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2초메 5반 5고 호소카와 히로시 일본국 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2초메 5반 5고 야마우치 야스히로 일본국 오사카후 모리구치시 게이한 혼도오리 2초메 5반 5고 | | |
| (74) 대리인 | 김영철 | | |

심사청구 : 있음

(54) 밀폐식 전지의 제조방법 및 밀폐식 전지

요약

본 발명은 외장케이스나 봉입판에 알루미늄 합금과 같은 재질을 이용한 경우에도 레이저 빔 등의 에너지 빔에 의한 용접에 수반되는 크랙의 발생을 적극적으로 억제하면서 생산성을 가능한 한 높게 유지할 수 있는 밀폐식 전지의 제조방법 및 밀폐식 전지를 제공하는 것을 목적으로 한다.

이 목적을 달성하기 위해 우선 봉입체에 리브를 설치하고, 외장케이스의 개구가장자리부를 얇게 하고, 리브와 외장케이스의 개구가장자리를 용접하여 밀폐식 전지를 제작한다. 다음으로 평탄부를 갖는 에너지 분포의 레이저광을 이용하여 봉입체와 외장케이스를 용접하여 밀폐식 전지를 제작함으로써 상기 목적을 달성한다. 또 용융부를 서서히 냉각시키면서 봉입체와 외장케이스를 용접하여 밀폐식 전지를 제작함으로써 상기 목적을 달성한다.

대표도

도4

명세서

기술분야

본 발명은 레이저광을 이용한 밀폐식 전지의 제조방법 및 밀폐식 전지에 관한 것이다.

배경기술

최근 휴대전화, AV기기, 컴퓨터 등의 휴대기기의 수요가 높아짐에 따라 전지의 고성능화에 대한 요구가 급속히 높아지고 있고, 그 중에서도 니켈카드뮴 전지, 니켈수소전지, 리튬이온 2차전지 등의 2차전지에 대한 요구량이 커지고 있다.

이러한 전지는 일반적으로 밀폐타입으로서, 전지의 형상으로는 원통형이나 통형이 알려져 있지만, 그 중에서 각종 밀폐식 전지는 휴대기기에 탑재하는 것에 있어서 공간효율이 우수하다는 점에서 주목받고 있어, 그 고성능화나 고신뢰성에 대한 요망이 크다고 할 수 있다.

이 각종 밀폐식 전지는 일반적으로 금속제의 판체를 드로잉가공함으로써 이 판체를 밀면이 있는 각종형상으로 성형하여 외장케이스를 제작하고, 그 외장케이스에 양극·음극으로 이루어지는 발전요소를 수납하고, 외장케이스의 개구부에 봉입판을 장착하여 봉입함으로써 제작된다. 이 봉입과정에서는 외장케이스와 봉입판을 코킹압착 혹은 용착에 의해 봉입하는 것이 일반적이다.

이 봉입으로, 외장케이스 내부가 고압이 되었을 때에 외장케이스 내로부터 전해액이나 가스가 누출되는 것이 방지되지만, 봉입의 완성도에 따라 전지의 신뢰성이나 수명이 크게 좌우된다.

일반적으로 전지의 봉입공정은 기계식 코킹법이 널리 이용되고 있는데, 각종 밀폐식 전지에 있어서는, 코킹법에 의한 봉입이 곤란한 것도 많고, 레이저용접에 의한 봉입도 많이 이용되고 있다.

도 25는 종래부터 일반적인 밀폐식 전지에서 레이저용접을 이용한 봉입기술을 도시한 개념도이다.

이 도 25에 도시된 바와 같이 레이저용접법에서는 외장케이스(400)의 개구가장자리부에 평판형상의 봉입판(410)을 상면이 단차가 생기지 않게, 즉 면이 일치하게 되도록 끼워넣은 상태로 봉입체의 바깥둘레부와 외장케이스의 개구가장자리부의 경계선을 따라 레이저 빔(420)을 간헐적으로 조사하면서 일정한 속도로 주사함으로써 용접한다. 그리고 이러한 레이저용접을 이용한 봉입기술에 의해 각종전지의 완전밀봉을 실현할 수 있어 전지의 고신뢰성·장수명화도 실현 가능해지기 때문에 레이저봉입은 각종 밀폐식 전지의 고 품질을 실현하는 중심 기술의 하나로서 자리매김되어 있다.

그런데 외장케이스 및 봉입판의 소재에는 종래부터 니켈 도금강판이나 스테인레스강판 등이 많이 이용되어 왔지만, 전지를 중량화하기 위해 현재는 알루미늄에 망간 등을 첨가한 알루미늄 합금판도 많이 이용되고 있다.

그러나 알루미늄 합금판을 외장케이스 및 봉입판에 이용한 경우, 상기한 바와 같이 레이저용접으로 봉입하면 용접부분에 크랙이 발생되기 쉽다는 문제점이 있다.

이 크랙은 통상 레이저 빔의 주사방향을 따라 발생하는데, 크랙발생의 메커니즘으로서는 레이저 빔의 조사에 의해 용접한 부분(용접부)이 냉각시에 그 부분에서 발생하는 열응력에 의해 인장되어 발생되는 것으로 생각된다. 또 알루미늄 합금판을 이용한 경우에 특히 크랙이 발생되기 쉬운 원인으로는 알루미늄 합금이 철이나 스테인레스에 비해 인장강도가 낮은 것이나, 열전도율이 크기 때문에 용접부분이 급속히 냉각되는 것 등을 들 수 있다.

이러한 문제점에 대하여 레이저 빔의 주사속도를 작게 설정하면 크랙의 발생률이 저하되기 때문에 현상태에서는 크랙의 발생률을 가능한 한 작게 억제하기 위해 레이저 빔의 주사속도를 작게 설정하여 레이저용접을 행하고 있지만, 레이저 빔의 주사속도를 작게 하면 봉입에 걸리는 시간이 길어지므로 생산효율면에서 바람직하지 않다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 이러한 문제점을 감안하여 이루어진 것으로, 각종 밀폐식 전지를 비롯한 밀폐식 전지에 있어서, 외장케이스나 봉입판에 알루미늄 합금과 같은 재질을 이용한 경우에도 레이저 빔 등의 에너지 빔에 의한 용접에 따르는 크랙의 발생을 적극적으로 억제하면서 생산성을 가능한 한 높게 유지할 수 있는 밀폐식 전지의 제조방법 및 밀폐식 전지를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

우선 봉입체와 외장케이스의 형상을 고려하여, 용접부에 발생하는 열응력을 줄임으로써 크랙의 발생을 방지한다. 그 효과는 각부의 치수에 의존한다. 수치해석에 의해 구한 관계식(후술하는 수학적식 3 ~ 수학적식 5)을 만족하도록 봉입체와 외장케이스를 설계하면 더욱 현저하게 열응력이 저감된다.

다음으로 용접에 이용하는 레이저광의 에너지분포를 고려하여 용접부에 발생하는 열응력을 줄임으로써 크랙의 발생을 방지한다.

또 서서히 냉각시키면서 용접함으로써 용융부의 냉각속도를 작게 하고, 용접부에 발생하는 열응력을 줄임으로써 크랙의 발생을 방지한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 일 실시예에 관한 밀폐식 전지를 도시한 사시도로서, 일부를 절개하여 상기 전지의 내부구조를 도시한 도면이다.

도 2는 상기 도 1에서의 요부단면 확대도이다.

도 3은 상기 밀폐식 전지의 제조공정을 도시한 도면이다.

도 4는 상기 밀폐식 전지의 외장케이스에 봉입체를 끼워넣은 상태를 도시한 요부단면 확대도이다.

도 5는 레이저용접에 의해 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 사시도이다.

도 6은 레이저에 의한 봉입부(용접부)의 일부를 망형상으로 분할한, 열응력 해석을 위한 모델을 도시한 개념도이다.

도 7은 봉입판의 리브의 높이와 열응력의 관계를 도시한 특성도이다.

도 8은 봉입판의 평탄부의 두께와 리브의 높이의 관계를 도시한 특성도이다.

- 도 9는 봉입판의 리브의 두께와 열응력의 관계를 도시한 특성도이다.
- 도 10은 외장케이스의 개구가장자리부와 열응력의 관계를 도시한 특성도이다.
- 도 11은 도 1에 도시된 밀폐식 전지의 변형예를 도시한 단면도이다.
- 도 12는 레이저 조사회수와 열응력의 관계를 도시한 특성도이다.
- 도 13은 다른 실시예에 관한 밀폐식 전지를 도시한 사시도로서, 일부를 절개하여 이 전지의 내부구조를 도시한 도면이다.
- 도 14는 상기 밀폐식 전지의 요부확대도이다.
- 도 15는 레이저용접에 의해 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 평면도이다.
- 도 16은 이용하는 레이저광의 에너지분포 및 용융풀의 단면형상을 도시한 도면으로서,
(a)는 본 발명의 레이저광의 에너지분포도,
(b)는 그 용융풀의 단면형상도,
(c)는 종래의 레이저광의 에너지분포도,
(d)는 그 용융풀의 단면형상도이다.
- 도 17은 용접자취의 형상을 도시한 도면으로서,
(a)는 개관도,
(b)는 그 중앙부분에서의 수직단면도이다.
- 도 18은 전지의 외장케이스와 봉입체의 경계부분에 형성되는 용접자취의 형상의 일례를 도시한 도면이다.
- 도 19는 또 다른 실시예에 관한 밀폐식 전지를 도시한 사시도로서, 일부를 절개하여 상기 전지의 내부구조를 도시한 도면이다.
- 도 20은 레이저용접에 의해 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 사시도이다.
- 도 21은 보조가스의 온도를 바꾸었을 때의 용융부의 온도이력을 도시한 특성도이다.
- 도 22는 보조가스의 온도를 바꾸었을 때의 용융부에 발생하는 열응력을 조사회수마다 도시한 특성도이다.
- 도 23은 보조가스의 온도와 수율의 관계를 도시한 특성도이다.
- 도 24는 또 다른 실시예에 관한 밀폐식 전지를 제조할 때의 레이저용접으로 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 도면이다.
- 도 25는 종래의 밀폐식 전지의 제조방법을 설명하는 개념도이고, 레이저용접으로 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 평면도이다.

실시예

이하 본 발명에 관한 각형 밀폐식 전지에 대하여 도면을 참조하여 구체적으로 설명하기로 한다.

(제 1 실시예)

도 1은 본 발명의 일실시예에 관한 각형 밀폐식 전지(1)(이하 간단히 「전지(1)」라 함)의 사시도이다.
도 2는 도 1의 X-X선 화살표로 본 단면도로, 요부단면 확대도이다.

이 전지(1)는 리튬이온 2차전지로서, 밀면이 있는 각통형의 외장케이스(10)의 내부에 양극판과 음극판이 격리판을 통해 적층되어 이루어지는 전극군(20) 및 비수전해액이 수납되고, 외장케이스(10)의 개구가장자리부를 봉입체(30)로 봉입한 구조이다.

외장케이스(10)는 Al-Mn계 합금판이 밀면이 있는 각통형으로 성형된 것이다.

이 Al-Mn계 합금은 알루미늄(Al)을 주성분으로 하고 있기 때문에 경량이고, 또 망간(Mn)이 첨가되어 있어 알루미늄 단체(單體)에 비해 인장강도가 크다. 또 망간의 함유량이 지나치게 많으면 외장케이스 성형시의 가공성이나 용접성이 저하되므로 망간의 함유량은 1.0에서부터 1.5wt% 정도가 적당하다.

도 1, 도 2에 도시된 바와 같이 봉입체(30)는 외장케이스(10)의 개구가장자리부에 끼워넣도록 성형된 봉입판(31)의 중앙부에 못형상의 음극단자(32)가 절연패킹(33)을 통해 관통되어 부착된 구성이다.

봉입판(31)은 외장케이스(10)와 같은 Al-Mn계 합금판이 외장케이스(10)의 개구부와 같은 직사각형상으로 편칭한 것이다.

외장케이스(10)나 봉입판(31)의 두께는 필요한 강도를 유지할 수 있는 범위 내에서 가능한 한 얇게 설정하고, 통상은 500 μ m 정도로 설정한다.

음극단자(32)의 하부(전지의 내측)에는 집전판(34)이 장착되고, 또 음극단자(32)의 상부(전지의 외측)에는 와셔(35)가 장착되어 있다. 그리고 이들 음극단자(32), 집전판(34) 및 와셔(35)는 절연패킹(33)에 의해 봉입판(31)과 절연된 상태로 코킹압착되어 봉입판(31)에 고정되어 있다.

전극군(20)의 음극판(21)은 층상상 카본(그래파이트 분말)이 판형상의 심체(芯體)에 도착(塗着)된 것으로서, 격리판(23)에 의해 감싸여 있다. 그리고 이 음극판(21)의 심체와 집전판(34)은 리드판(25)으로 접속

되어 있다.

한편 전극군(20)의 양극판(22)은 자세히 도시되어 있지는 않지만, 양극활성물질로서의 리튬함유 산화물(예를 들면 코발트산리튬)과 도전체(예를 들면 아세틸렌블랙)로 이루어지는 양극합체가 판형상의 심체에 도착된 것으로서, 양극 겸용의 외장케이스(10)와 직접 접촉하여 전기적으로 접속되어 있다.

비수전해액은 예를 들면 에틸렌카보네이트 및 디메틸카보네이트로 이루어지는 혼합용매에 용질로서 LiPF₆를 용해한 것이다.

봉입판(31)의 바깥둘레부와 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)는 레이저용접으로 봉입되어 있다.

또 도 1에서는 생략되어 있지만, 전극군(20)과 봉입판(31) 사이에는 절연성수지로 이루어지는 절연슬리브(26)가 삽입되고(도 5 참조), 이로 인하여 전극군(20)은 외장케이스(10) 내의 정위치에 고정되는 것과 아울러 봉입체(30)와의 접촉이 방지되도록 되어 있다.

이러한 전지(1)는 다음과 같이 제작된다.

도 3은 전지(1)의 제조공정을 도시한 모식도이다.

우선 펀치와 다이틀 이용하여 알루미늄 합금판을 드로잉가공함으로써 밑면이 있는 각통형상의 외장케이스(10)를 제작한다.

도 4는 봉입판(31)의 바깥둘레부와 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)를 용접하기 전에 외장케이스의 봉입판(31)을 끼워넣은 상태를 도시한 도면이다.

외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L1(μm)이 외장케이스 동체부분(10b)의 두께 L2(μm)보다 얇게 되도록 조정한다. 자세히 설명하면, 도 4에 도시된 바와 같이 외장케이스(10)의 외경 R은 개구가장자리부(10a) 및 동체부분(10b)에서 동일하게 하여 내경 r이 개구부분에서 커지도록 하여 외장케이스의 개구가장자리부(10a)의 두께 L1을 동체부분(10b)보다 얇게 형성한다. 이 조정은 이용하는 펀치의 개구가장자리부(10a)에 대응하는 부위를 굽게 함으로써 간단히 행할 수 있다.

다음으로 알루미늄 합금으로 된 평판형상의 부재를 펀치와 다이틀 이용하여 드로잉가공함으로써, 리브(31b)가 평탄부(31a)의 바깥둘레를 따라 형성된 외장케이스(10)의 개구가장자리부에 끼워넣을 수 있는 크기의 봉입판(31)을 형성한다.

여기에서 리브(31b)의 두께 T3(μm)이 평탄부(31a)의 두께 T1(μm)보다 얇게 되도록 조정한다. 이 평탄부(31a)와 리브(31b)의 두께 조정도 상기와 마찬가지로 펀치의 리브에 대응하는 부위의 치수를 조정함으로써 간단히 할 수 있다. 여기에서 리브의 평탄부(31a)의 표면으로부터의 높이를 리브(31b)의 높이 T2(μm)라 정의한다.

다음으로 이 봉입판(31)의 중앙부분에 음극단자 등을 장착하여 봉입체(30)를 제작한다.

계속해서 외장케이스(10)에 양극과 격리판 및 음극으로 이루어지는 전극군(20)을 수납하고, 음극판(21)과 집전체(34)를 리드판(25)을 이용하여 전기적으로 접속한다. 다음으로 외장케이스(10) 내에 전해액을 주입하고, 봉입체(30)를 외장케이스(10)의 상단(10c)과 봉입체(30)의 리브상단(31c)의 면이 거의 일치하게 되도록 외장케이스(10)에 눌러넣는다.

그리고 외장케이스(10)와 봉입체(30)가 접한 부분(40)(경계부), 즉 외장케이스(10)의 상단(10c)과 리브의 상면(31c)의 경계부분에 레이저 빔을 간헐적으로 조사하여 레이저용접을 행한다.

이 공정을 상세히 설명하기로 한다. 도 5는 레이저용접에 의해 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 사시도이다.

도 5에 도시된 장치에서, 집광렌즈(51)는 그 광축을 봉입판(31)과 평행한 면 내에서 임의의 방향으로 구동할 수 있도록 되어 있다. 그리고 이 집광렌즈(51)에 레이저광 발전장치(도시생략)로부터 광섬유를 경유하여 레이저광이 유도된다.

레이저광 발전장치는 YAG를 이용하여 발광시키는 것으로서, 레이저광(50)을 펄스형상으로 출력한다(예를 들면, 레이저펄스 반복수 : 50pps). 그리고 이 레이저광(50)은 집광렌즈(51)를 통과함으로써 봉입판(31)과 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 경계(40) 상에 집광하여, 작은 원형상의 스폿(52)(스폿직경 : 수백 μm)을 형성한다.

이러한 레이저광의 조사방식에 의해 용접하는 부분의 주위에 있는 부재(절연 슬리브(26) 등)에 열적 손상을 주는 일 없이 스폿(52)의 부분을 국소적으로 용융시킬 수 있다.

레이저광이 조사된 스폿(52) 부분에서는 봉입판(31)의 바깥둘레부(리브(31b) 부분)와 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)가 용융하여 용융풀을 생기게 하는데, 그 용융풀은 단시간에서 응고된다. 도 5에서 60은 이 용융풀이 응고된 용접부분이다.

또 레이저광(50)의 스폿(52) 주위에는 비활성가스(질소가스)가 분사되도록 되어 있고, 이로 인하여 용접부분의 산화가 방지된다.

레이저광 발전장치에서의 레이저광의 반복수 및 집광렌즈(51)의 주사속도는 레이저광(50)의 스폿(52)이 직전에 조사한 스폿(52a)과 적절히 오버랩되도록(통상 40%~60% 정도의 오버랩율이 되도록) 조정한다.

이와 같이 레이저광(50)을 집광렌즈(51)에서 경계(40) 상에 집광하여 조사하면서 경계(40)를 따르는 방향(도 5의 화살표 A 방향)으로 집광렌즈(51)를 주사함으로써 경계를 따라 연속적으로 용접부분(60)을 형성한다. 그리고 경계(40)의 전둘레에 걸쳐 용접하고 봉입을 완료한다.

이와 같이 전지(1)의 제조에 있어서는, 종래와 같이 단지 평탄한 봉입판의 바깥둘레 부분을 외장케이스의 개구가장자리부에 용접에 의해 고정하는 것이 아니고, 리브를 갖는 봉입판을 용접하므로 도 2에 도시된

바와 같이 완성된 전지에 있어서도 봉입판(31)의 바깥둘레 부분에는 리브(31b)가 잔존한 구조로 되어 있다. 단 레이저 빔의 에너지나 리브의 높이 등에 따라서는 완성된 전지에서 이와 같이 리브가 남지 않는 일도 있다.

자세한 것은 후술하겠지만, 이러한 밀폐식 전지의 제조방법에 있어서는 리브의 상단을 레이저 빔으로 용접하므로 리브가 없는 상술한 종래의 봉입체를 이용하는 경우에 비해 용융플로로부터 봉입체의 중앙부로 도파하는 열에너지량이 적어져 용융플은 냉각되기 어려워지리라고 생각된다.

또 리브의 두께 T3이 판체의 두께에 대하여 열게 설정되어 있으므로 용융플의 열에너지가 도파하는 영역은 한층 작아지므로 용융플은 더욱 냉각되기 어려워지리라고 생각된다.

또 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L1을 그 이외의 동체부분(10b)의 두께 L2보다도 얇게 하고 있으므로 레이저 빔에 의한 용융플의 열에너지는 한층 도파하기 어렵다.

이와 같이 용융플의 열에너지가 용융플로부터 도파하기 어렵기 때문에, 레이저 빔에 의한 열에너지가 용융플에 축적되어 용융플의 냉각속도가 종래의 봉입기술의 경우에 비해 매우 시간이 늦어질 것으로 생각된다. 따라서 봉입공정에서 발생하는 열응력을 작게 할 수 있다. 이런 이유로 상기한 바와 같이 전지를 제작하면 용융플에 크랙이 발생하는 빈도는 매우 감소되고, 그 결과 생산성의 향상이 기대된다.

[용접전의 외장케이스(10) 및 용접전의 봉입체(30) 형상의 유효성에 대하여]

다음으로 용접전의 외장케이스(10) 및 용접전의 봉입체(30) 형상의 유효성에 대하여 상세히 검토한다.

발명자들은 레이저 용접시에 생기는 열응력과 용접전의 리브(31b)의 치수나 용접전의 외장케이스(10)의 두께의 관계에 대하여 고찰하기 위해 레이저용접이 레이저 빔의 흡수에 의한 열적가공법인 점에 착안하여 다음과 같은 시뮬레이션에 의한 해석실험을 시도하였다.

즉 도 6에 도시된 바와 같이 레이저에 의한 봉입부(용접부)의 일부를 망형상으로 분할한 해석모델을 이용하여 유한요소법(참고문헌: 일본기계학회편의 「열과 흐름의 컴퓨터분석」, 코로나사(1986년))에 의해 하기 수학적 1(3차원 비선형 비정상 열전도 방정식), 수학적 2를 이용하여 해석함으로써 레이저 봉입부의 온도분포에 의해 생기는 열응력을 산출하였다. 유한요소법의 해석의 정밀도를 높이기 위해 도 6에 도시된 바와 같이 온도구배가 크다고 생각되는 레이저 빔의 스폿 부근에서는 특히 세밀하게 망분할을 하였다.

$$\rho c \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{\delta}{\delta x} (K \frac{\delta T}{\delta x}) + \frac{\delta}{\delta y} (K \frac{\delta T}{\delta y}) + \frac{\delta}{\delta z} (K \frac{\delta T}{\delta z}) + Q$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho : \text{밀도} \\ c : \text{비열} \\ T : \text{온도} \\ k : \text{열전도계수} \\ Q : \text{입열량} \end{array} \right.$$

$$\sigma = -E \sigma (t - t_0)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t : \text{온도} \\ t_0 : \text{초기온도} \\ E : \text{영률} \\ \sigma : \text{열응력} \end{array} \right.$$

주요 해석조건은 레이저파장 1.06 μm 의 YAG 레이저, 레이저파워 9.3 \times 10W, 빔 직경 450 μm , 펄스폭 12.0ms로서, 해석시간은 레이저 빔 조사로부터 온도상승·용융·응고를 거쳐 저온으로 되돌아가기까지의 시간을 고려하여 15.0ms로 행하였다.

도 7은 이 해석에 의해 산출된 결과로서, 평탄부(31a)의 두께 T1을 300 μm , 400 μm , 500 μm 로 바꾸었을 때의 리브(31b)의 높이 T2와 레이저 스폿의 중심부분에 발생하는 열응력(N/mm²)의 관계를 나타내는 특성도이다. 또 레이저 스폿의 중심부분에 가장 큰 열응력이 발생하는 것에 착안하여 그 부위에 발생하는 열응력을 산출하였다.

또 변화시키는 수치(T2) 이외의 치수는 T3, L1, L2 모두 500 μm 로, 열응력이 커지기 쉬운 조건으로 설정하였다.

이 도 7에 도시된 바와 같이 리브(31b)의 높이 T2가 높을수록 열응력이 작아지고, 봉입체의 평탄부(31a)

의 두께 T_1 이 얇을수록 열응력은 작아지는 것을 알 수 있다.

용융풀에 생기는 열응력이 외장케이스 및 봉입체 재료의 인장한계(여기에서 이용한 소재에서는 인장한계가 $4 \times 10^8 \text{ N/cm}^2$)를 넘으면 크랙이 야기되므로 봉입체를 설계할 때에는 이것을 넘지 않도록 설계해야 하며, 따라서 도 7에서 평탄부(31a)의 두께 T_1 과 리브(31b)의 높이 T_2 는 하기 수학적 3의 관계식을 만족하도록 결정하는 것이 바람직한 것을 알 수 있다.

$$T_2 \geq T_1 / 10 + 40$$

상기 수학적 3을 도식화하면 도 8과 같이 된다.

이 특성도면에서 열응력이 인장한계를 넘지 않도록 하기 위해서는, 즉 상기 수학적 3의 관계식을 만족시키기 위해서는 도 8에서 사선부 영역의 조건범위에서의 설계가 필요하게 된다.

다음으로 상기 해석결과에 있어서 같은 리브높이 T_2 의 경우에 열응력이 큰 두께 T_1 이 $500 \mu\text{m}$ 인 경우에 있어서, 리브(31b)의 두께 T_3 와 레이저 스폿의 중심부에 발생하는 열응력의 관계에 대하여 산출하였다. 여기에서 T_2 는 $90 \mu\text{m}$, L_1 , L_2 는 모두 $500 \mu\text{m}$ 로 설정하였다. 도 9는 이 결과를 도시한 특성도이다.

이 도 9에 도시된 바와 같이 리브(31b)의 두께 T_3 이 평탄부(31a)의 두께 T_1 과 같은 치수이면 용융풀에 발생하는 열응력은 인장한계(여기에서는, $4 \times 10^8 \text{ N/cm}^2$) 부근이 된다. 그러나 평탄부(31a)의 두께 T_1 을 고정하고 봉입판의 리브(31b)의 두께 T_3 을 얇게 해가면 열응력은 더욱 작아진다. 즉 용융풀에 발생하는 열응력을 인장한계에 대하여 더욱 작게 하여 크랙의 발생을 방지하려면 리브(31b)의 두께 T_3 을 평탄부(31a)의 두께 T_1 과 동등 혹은 그 보다 더욱 얇게 하는 것이 유효한 것을 알 수 있다.

따라서 알루미늄 합금판의 기계적인 강도를 고려한 결과 유도되는, 리브의 두께 T_3 은 얇게 하였다고 해도 $50 \mu\text{m}$ 이상으로 설정해야 한다는 사실까지도 고려하면, 리브(31b)의 두께 T_3 과 평탄부(31a)의 두께 T_1 은 하기 수학적 4를 만족하도록 결정하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

$$50[\mu\text{m}] \leq T_3 \leq T_1$$

또 외장케이스의 동체부분(10b)의 두께를 $500 \mu\text{m}$ 로 고정하였을 때의 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 와 레이저 스폿의 중심부에 생기는 열응력의 관계에 대하여 산출하였다. 여기에서 T_2 는 $90 \mu\text{m}$, T_1 , T_3 , L_2 는 모두 $500 \mu\text{m}$ 로 설정하였다. 도 10은 그 결과를 도시한 특성도이다.

이 도 10에 도시된 바와 같이 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 이 동체부분(10b)의 두께 L_2 와 같은 치수이면 용융풀에 발생하는 열응력은 인장한계($4 \times 10^8 \text{ N/cm}^2$) 부근이 된다. 그러나 외장케이스(10)의 동체부분(10b)의 두께 L_2 를 고정하고, 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 을 얇게 해가면 열응력은 더욱 작아진다. 즉 용융풀에 발생하는 열응력을 인장한계에 대하여 더욱 작게 하여 크랙의 발생을 방지하려면 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 을 동체부분(10b)의 두께 L_2 와 동등 혹은 그 보다 더욱 얇게 하는 것이 유효하다는 것을 알 수 있다.

따라서 상기와 마찬가지로 알루미늄 합금판의 기계적인 강도를 고려한 결과 유도되는, 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 을 얇게 하였다고 해도 $50 \mu\text{m}$ 이상으로 설정해야 한다는 사실을 고려하면 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 과 동체부분(10b)의 두께 L_2 는 하기 수학적 5를 만족하도록 결정하는 것이 바람직하다.

$$50[\mu\text{m}] \leq L_1 \leq L_2$$

이 관계식을 만족하도록 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 을 결정하면 봉입판의 리브(31b)와의 밀착성이 향상되는 점에서도 바람직하다.

또 도 4의 설명에서는 외장케이스의 외경은 개구가장자리부 및 동체부분에서 동일하게 하여 내경이 개구부분에서 커지도록 하여 외장케이스의 개구가장자리부의 두께 L_1 을 동체부분보다 얇게 형성하였지만, 도 11에 도시된 바와 같이 외장케이스의 내경 r 를 개구가장자리부 및 동체부분에서 동일하게 하고, 외경 R 이 개구가장자리부에서 작아지도록 하여 외장케이스의 개구가장자리부의 두께 L_1 을 동체부분보다 얇게 형성해도 된다. 이 조정은 이용하는 다이의 개구가장자리부에 대응하는 부위의 직경을 작게 함으로써 간단히 행할 수 있다.

단 봉입체를 외장케이스에 끼워넣을 때 고정하는 것에 외장케이스의 개구부분의 슬림부가 효율적으로 작동하도록 하기 위해서는 도 4에 도시된 바와 같이 슬림부를 형성하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

(실시예)

상기 전지(1)를, 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 두께 L_1 을 $400 \mu\text{m}$, 동체부분(10b)의 두께 L_2 를 $550 \mu\text{m}$, 봉입체(20)의 리브(31b)에 둘러싸인 평탄부(31a)의 두께 T_1 을 $500 \mu\text{m}$, 리브(31b)의 높이 T_2 를 $500 \mu\text{m}$, 리브(31b)의 두께 T_3 을 $400 \mu\text{m}$, 절연슬리브의 두께를 $800 \mu\text{m}$ 로 설정하여 이하의 레이저 조사조건으로 복수개 제작하여 크랙발생률을 조사하였다. 또 여기에서 전지 제작에 이용한 부재의 각 치수는 상기 수학적 3부터 수학적 5의 관계식을 만족한다.

레이저 조사조건

레이저파장 : $1.064 \mu\text{m}$ (VAG 레이저)

레이저펄스 반복수 : 50pps(펄스/초)
레이저 스폿직경 : 500 μ m
레이저 빔 주사속도 : 15mm/s

(비교예)

본 발명에 대하여 종래의 리브를 갖지 않는 평판형상의 봉입체 및 개구가장자리부에 슬립부를 갖지 않는 외장케이스를 이용하여 외장케이스의 개구가장자리부에 상면이 일치하게 되도록 봉입판을 끼워넣은 상태로 상기와 같은 조건으로 레이저용접하여 비교예의 밀폐식 전지를 복수개 제작하여 크랙발생률을 조사하였다. 또 외장케이스의 두께는 500 μ m, 봉입체의 두께는 800 μ m의 것을 이용하였다.

이들의 실험결과를 하기 표 1에 나타내었다.

[표 1]

| | 크랙발생률 |
|-----|--------------|
| 본발명 | <1.0%(10%미만) |
| 비교예 | 27.0% |

이 표 1에 나타난 바와 같이 비교예에서는 크랙발생률이 27%로 높은 값이었는데 대하여, 상기 실시예와 같이 봉입체에 이용하는 부재의 형상 및 외장케이스에 이용하는 부재의 형상을 생각하여 전지를 제작하면 크랙발생률을 1%까지 줄일 수 있었다.

이 결과는 상기 실시예에서 논의한 바와 같이 밀폐식 전지를 제작하면 용접시에 용접개소에 발생하는 열응력을 줄일 수 있고, 따라서 크랙의 발생을 억제할 수 있다는 상기 제조방법의 실용적인 효과를 실증하는 것이다.

도 12는 상기 조건하에서 용융부에 발생하는 열응력을 조사횟수별로 나타난 특성도이다.

이 도 12의 그래프를 보면 1회째의 조사시에 비하여 2회째의 조사시에 열응력이 약간 커지는데, 2회째 이후의 열응력의 크기는 거의 일정한 것을 알 수 있다.

또 종래의 제조방법의 경우는 발생하는 열응력의 최대값이 $6.0 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ 정도이지만, 실시예에 관한 제조방법의 경우는 발생하는 열응력의 최대값이 $4.0 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ 미만이다.

따라서 실시예의 각형 밀폐식 전지의 제조방법을 적용하면 여기에서 이용한 알루미늄 합금의 인장강도가 $4.0 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ 정도인 것을 고려하면 발생하는 최대열응력이 이 인장강도 미만이 되도록 설정하는 데 유효한 것을 알 수 있다.

(제 2 실시예)

이하 다른 실시예에 대하여 도면을 참조하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[전지의 구성]

도 13은 다른 실시예에 관한 각형 밀폐식 전지(100)(이하 간단히 전지(100)라 함)의 사시도이다. 여기에서 동일번호는 동일부재를 나타낸다.

[전지의 제조방법]

상기 전지(100)의 제조방법에 대하여 설명하기로 한다. 또 봉입판(31)의 형상 및 외장케이스(10)의 형상은 종래 일반적인 것과 마찬가지로, 봉입판(31)은 평판이고, 또 외장케이스의 두께는 개구가장자리부(10a)이거나 등체부분이거나 관계없이 일정하게 설계하고 있다.

도 14는 외장케이스(10)의 개구가장자리부에 봉입판(31)이 끼워넣어진 상태의 요부확대도로서, 봉입판(31)의 바깥둘레부 및 외장케이스(10)의 개구가장자리부 부근이 도시되어 있다.

우선 Al-Mn계 합금판을 밀면이 있는 각통형으로 성형하여 외장케이스(10)를 제작한다.

또 Al-Mn계 합금판을 편형하여 평판형상의 봉입판(31)을 제작한다.

구체적으로는, 외장케이스(10)는 알루미늄 합금의 평판을 편치 및 아이머닝 다이를 이용하고, 트랜스퍼드로잉가공을 실시하여 성형하여 제작한다. 한편 봉입판(31)은 알루미늄 합금의 평판을 편형하여 제작한다.

다음으로 봉입판(31)에 소정의 부재(절연패킹, 음극단자 및 집전판)를 조합하여 끼워넣고, 음극단자의 상부에 와셔를 끼워 코킹압착함으로써 봉입체(30)를 제작한다.

계속해서 외장케이스(10)에 미리 제작한 전극군을 수납하고, 음극판과 집전체를 전기적으로 접속한다. 다

음으로 외장케이스(10) 내에 전해액을 주입하고, 봉입체(30)를 외장케이스(10)의 상단(10c)과 봉입체(30)의 봉입판(31)의 상면(31d)의 면이 거의 일치하게 되도록 외장케이스(10)에 눌러넣는다.

그리고 봉입판(31)의 바깥둘레부와 외장케이스(10)의 개구가장자리부를 양자의 경계(40)를 따라 레이저광을 조사하면서 주사함으로써 용접하여 전지(100)를 완성시킨다.

[레이저용접에 의한 봉입]

도 15는 레이저용접에 의해 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 평면도이다.

도 15에 도시된 장치는 빔 호모지나이저(homogenizer)(120)와, 빔 호모지나이저(120)에서 발산된 광속을 투영하는 투영렌즈(130)를 구비하는 것으로, 빔 호모지나이저(120) 및 투영렌즈(130)는 일체적으로 봉입판(31)과 평행한 면 내에서 임의의 방향으로 구동할 수 있도록 되어 있다.

빔 호모지나이저(120)는 레이저광 발전장치(도시 생략)로부터 광섬유를 경유하여 유도되는 레이저광(140)을 세밀한 광속(141)으로 분할하는 가공렌즈이다.

투영렌즈(130)는 상기 광속(141)을 용접개소인 상기 경계(40)에서 중심 및 직경이 겹치도록 투영하여 원형의 레이저 스폿을 형성한다.

이와 같이 레이저광(140)을 일단 세밀하게 분할하고, 분할된 레이저광을 겹치도록 조사함으로써 빔스폿의 중심부분에서 에너지가 높고, 또 그 부근에 변화가 실질적으로 없는 영역을 갖는 레이저 스폿(150)을 생성할 수 있다(이 작용에 대해서는 별도로 상술함).

레이저광 발전장치는 YAG를 이용하여 발광시키는 것으로서, 레이저광(140)을 펄스형상으로 출력한다(예를 들면 레이저 펄스 반복수 : 50 pps).

레이저광이 조사된 스폿(150) 부분에서는 봉입판(31)의 바깥둘레 부분과 외장케이스(10)의 개구가장자리부가 용융되어 용융홀이 생기는데, 그 용융홀은 단시간에 응고된다. 도 14, 15에서 110은 이 용융홀이 응고된 용접부분이다.

또 도시하지는 않았지만 레이저 스폿(150)의 주위에는 비활성가스(절소가스)가 분사되도록 되어 있고, 이로 인하여 용접부분의 산화가 방지된다.

또 상기 제 1 실시예와 마찬가지로 레이저광 발전장치에서의 레이저광의 반복수 및 레이저 스폿(150)의 주사속도는 레이저 스폿(150)이 적전에 조사한 스폿과 적절히 오버랩되도록(통상 40~60% 정도의 오버랩률이 되도록) 조정한다.

레이저 스폿(150)을 그 에너지분포의 평탄부의 중심부가 정확히 홈(40)에 맞도록 조사한다. 이와 같이 에너지가 가장 큰 레이저 스폿의 중심을 홈(40)에 맞추는 것은 외장케이스와 봉입판이 접촉하는 부분에서 가장 강하게 용접되기 때문이다. 물론 이것은 용접하는 부분의 주위에 있는 부재(절연슬리브(26) 등)에 열적손상을 주지 않고, 스폿(150) 부분이 국소적으로 용융되는 것에 불과하다.

이와 같이 레이저광을 투영렌즈(130)로 경계(40) 상에 투영하여 조사하면서 경계(40)를 따라 방향(도 14의 화살표 A 방향)으로 빔 호모지나이저(120) 및 투영렌즈(130)를 일체적으로 주사함으로써 경계(40)를 따라 연속적으로 용접부분(110)을 형성한다. 그리고 경계(40)의 전둘레에 걸쳐 용접하고 봉입을 완료한다.

[레이저 빔의 에너지분포와 용접에 대한 효과에 대하여]

상기 봉입공정에서 사용한 레이저광의 에너지분포를 도 16의(a)에, 또 참고로 종래부터 일반적으로 이용되고 있던 레이저광의 에너지분포의 형상을 도 16의 (c)에 도시한다.

이들 도면은 원형상의 레이저 스폿을 상정한 경우의 레이저 스폿의 중심점에서의 에너지를 기준으로 한 중심으로부터 주위로의 에너지분포를 나타내고 있다.

도 16의 (a)에 도시된 바와 같이 여기에서 사용하는 레이저 스폿의 에너지분포는 (c)에 도시된 종래부터의 일반적인 가우스분포와 다르다.

즉 도 16에 도시된 바와 같이 레이저 스폿의 중심 부근에는 실질적으로 에너지변화가 없는 평탄한 영역이 존재한다.

이러한 에너지분포로 함으로써 우선 용융금속이 유동하는 현상, 즉 마랑고니대류(marangoni convection)의 발생을 억제할 수 있다.

용융된 금속에 있어서 온도가 낮을수록 표면장력은 커지므로 보다 고온의 용융금속은 온도가 낮은 용융금속으로 인장되고, 그로 인하여 용융금속의 흐름이 발생한다. 도 16의 (c)에 도시된 가우스분포를 갖는 레이저광을 이용하면 레이저 스폿의 중심부분에서 가장 에너지가 크고, 주변으로 향함에 따라 에너지는 작아지므로 용융홀의 온도분포도 평면으로 생각하면 중앙부분에서 온도가 높고, 주변부분에서 온도가 낮게 된다. 이러한 온도구배에 의해 용융홀 상부중앙부분 →주변부분 →저부 →상부중앙부분이라는 식으로 순환하는 대류(마랑고니 대류)가 발생한다(도 16의 (d) 중에 화살표 B에서 이 대류의 모양을 나타냄). 그 결과, 용접자취의 형상은 후술하는 바와 같은 반원구 형상이 된다.

한편 본 실시예에서의 레이저광은 상기한 바와 같이 평탄부를 갖는 에너지분포이므로 평탄부에 상당하는 용융홀에서는 온도구배가 실질적으로 생기지 않는다. 따라서 이 부분에서의 온도구배에 기인한 마랑고니 대류의 발생은 억제할 수 있다.

이와 같이 마랑고니대류가 국부적으로 억제됨으로써 레이저광에 의한 에너지가 용융홀 저부로 효과적으로 전해져 가기 때문에 경계(40)를 더욱 깊게까지 용융할 수 있고(도 16의 (b) 참조), 최종적으로는 봉입성이 뛰어난 전지를 얻을 수 있다. 또 레이저 스폿 주변부근에서 약간의 마랑고니대류(도 16의 (b) 중에 화살표 B에서 대류의 모양을 나타냄)가 생기게 된다. 이 결과 후술하는 바와 같은 소위 실크햇(silk hat)

형상의 용융자취가 형성된다.

또 마랑고니대류의 발생이 억제되기 때문에 크랙발생에 큰 영향을 주는 열응력을 줄일 수 있다. 열응력은 용융물이 급속히 냉각될 때 생기는 응력이지만, 용융금속의 유동성에도 의존하고, 용융물의 용융금속의 유동이 심할수록 금속끼리는 더욱 서로 끌어당기게 되므로 열응력은 더욱 커진다. 따라서 마랑고니대류를 억제함으로써 용융금속의 유동에 의해 생기는 열응력을 줄일 수 있다. 또 열응력이 상기 수학적 2에 나타낸 바와 같이 온도변화의 함수로 나타내는 것으로부터도 온도구배를 작게 하는 것이 열응력 저감효과에 결부된다고 할 수 있다. 이와 같이 용접개소에서 열응력을 줄일 수 있으므로 크랙의 발생을 억제할 수 있다.

또 기본적으로는 종래의 가우스분포의 빔보다도 용융금속의 온도구배가 작아지는 에너지분포를 갖는다면 상기한 효과는 얻어진다고 할 수 있다.

또 상기 열응력 저감의 효과는 이용한 빔의 평탄부가 레이저 스폿의 어느 만큼의 영역에 미치고 있는가에 의존한다. 즉 너무 평탄부가 작으면 결국 온도구배가 넓은 범위에 걸쳐 생기게 되므로 마랑고니대류가 억제되지 않기 때문이다. 따라서 평탄부는 빔스폿의 직경을 고려하여 결정할 필요가 있다.

또 이러한 마랑고니대류 발생이 억제되고, 최종적으로 크랙발생을 억제할 수 있다는 효과를 얻을 수 있는 범위 내에서의 평탄부에서의 에너지변화는 허용된다. 따라서 그 의미에서 평탄부란 에너지변화가 전혀 없는 경우를 의미하는 것은 아니다.

특히 다음 수학적 6의 관계식을 만족하는 경우에 더욱 효과가 현저하다.

$$\left[\begin{array}{l} \frac{dP}{P_c} < 0.05 \\ \text{평탄부가 차지하는 영역} \geq 0.2W \\ \text{단,} \end{array} \right. \left(\begin{array}{l} W: \text{레이저 스폿의 직경} \\ P_c: \text{레이저 스폿의 중심의 에너지} \\ dp: \text{레이저 스폿 소정의 위치에서의 에너지의} \\ P_c \text{와의 차분} \end{array} \right)$$

주 : 이 근거는 상세하게는 나타나 있지 않지만, 하기의 주된 조건하에서의 상기 시뮬레이션 해석에 근거하는 계산에 의해 도출되었다.

시뮬레이션의 주된 조건:

외장케이스(10) 및 봉입판(31)의 판두께 ; 500 μ m

YAG 레이저광의 파장 ; 1.064 μ m

조사스폿의 직경 ; 600 μ m

조사에너지 ; 1스폿당 60W, 70W, 80W

또 상기 관계식을 만족하는 에너지분포는 가우스분포의 레이저광에서는 얻어지지 않는다. 이것은 가우스분포는 그 에너지 I(x)가 하기 수학적 7에서 나타내는 것에서 알 수 있는 바와 같이, 중심의 에너지로부터 에너지변동이 5% 이내인 영역은 레이저 스폿의 20%에도 만족하기 때문이다.

$$I(x) = \exp \left(- \frac{2}{\omega^2} \times x^2 \right)$$

단,

$$\left(\begin{array}{l} \omega : \text{레이저 스폿 반경} \\ x : \text{레이저 스폿 중심으로부터의 거리} \end{array} \right)$$

「용접자취의 형상에 대하여」

상기한 바와 같은 에너지분포의 레이저광으로 용접함으로써 용접자취(110)의 형상은 종래에 없는 독특한 형상이 된다.

도 17의 (a)는 하나의 레이저 스폿에 의해 용접되는 외장케이스와 봉입판의 용접자취(160)의 사시도이고, 도 17의 (b)는 그 중앙부분의 단면도이다.

이를 도면에 도시된 바와 같이 레이저 스폿에 의한 용접자취(160)는 레이저 스폿 중앙부분의 평탄부의 직경에 상당하는 영역에서는 상기한 바와 같이 용융물이 적진하여 형성되어 가고, 또 용융물 상부(레이저 스폿 주변)에서는 약간의 마랑고니대류가 생기게 때문에 결과적으로는 마랑고니대류의 영향에 의해 피용용

부와의 경계의 경사가 완만하고 편평한 반원구형상의 제 1 용접자취부(161)와, 이 제 1 용접자취부 상부의 직경(R1)보다 작은 상부의 직경(R2)을 갖는 제 2 용접자취부(162)로부터 삼크렛형상이 된다.

여기에서의 용융자취부(162)는 레이저 스폿의 평탄부의 에너지가 직진하여 형성된 것이므로 비용융부와의 경계의 경사는 제 1 용접자취부(161)보다 험한 것으로 되어 있다.

이에 대하여 가우스분포의 레이저광으로 용접한 경우에는 마랑고니대류가 용융물 전체에서 발생하기 때문에 반원구형상의 용접자취가 형성된다.

이와 같이 본 실시예의 용접방법의 경우의 레이저 스폿에 의한 용접자취의 형상은 종래의 경우와 크게 다르다. 그리고 이 형상때문에 레이저 스폿의 전체 에너지를 동일하게 설정하여 용접한 경우에는 레이저 조사방향(수직방향)으로의 용접자취의 진행정도(깊이)가 본 실시예 쪽이 커지므로 봉입성이 우수하다는 단점이 있다.

그런데 실제로는 레이저광이 연속적으로 조사되어 용접되므로 홀(40)에 형성되는 용접자취(110)의 형상은 레이저광 발전장치에서의 레이저광의 반복수 및 레이저 스폿의 주사속도에 따라 다르다. 즉 이들의 설정에 의해 레이저 스폿(150)의 오버랩율이 다르고, 용접자취의 형상도 이 오버랩율의 정도에 따라 다르기 때문이다.

예를 들면 레이저광의 레이저 스폿의 바깥둘레부가 약간 겹치도록 레이저 조사한 경우에는(케이스 1), 상기한 용접자취(160)와 거의 같은 형상의 용접자취가 연속하여 나열된 형상이 된다.

한편 레이저광의 레이저 스폿의 중심이 겹치도록 조사한 경우에는(케이스 2) 레이저 스폿의 에너지 변화가 적은 평탄부가 겹치게 되므로 용접자취의 형상은 3차원적으로는 머물지 않고 레이저광 주사방향과 같은 방향으로의 수직단면의 형상이 도 17의 (b)에 도시된 바와 같은 용접자취의 단면형상과 같은 형상이 된다. 이것을 도시하면 도 18과 같이 된다. 즉 전지 상부의 바깥둘레를 따라 단면형상이 삼크렛형상의 용접자취가 형성되게 된다.

이와 같은 레이저 스폿의 오버랩율에 따라 용접자취의 형상이 달라진다는 사정은 종래에도 마찬가지이지만, 케이스 1의 경우에는 반원구형상의 용접자취가 연속적으로 배열된 전체형상이 되고, 케이스 2의 경우에는 레이저광 조사방향과 같은 방향으로의 수직단면의 형상이 반원주형상의 용접자취가 된다.

이와 같이 최종적으로 완성되는 외장케이스와 봉입판의 경계 전체에 걸쳐 형성되는 용접자취의 형상도, 본 실시예와 종래의 경우에는 현저히 다르다. 즉 본 실시예의 밀폐식 전지에서는 세로방향으로 직진하는 제 2 용접자취부가 형성되어 있으므로 외장케이스와 봉입판의 용접면적이 종래의 용접법에 비해 크게 확보되는 용접자취형상으로 되어 있다. 따라서 완성후의 전지에 있어서 발전요소를 제외(系外)로부터 차단한다는 봉입효과가 뛰어난, 즉 전해액의 누출 등이 일어나기 어렵고, 안전성·신뢰성이 높은 전지를 얻을 수 있다.

또 평탄부가 겹치도록 주사하는 편이 용접영역이 커지므로 봉입성을 더욱 향상시키는 데에 바람직하다.

(실시예)

상기 실시예에 기초하여 각형 밀폐식 전지를 제작하였다.

외장케이스(10) 및 봉입판(31)의 판두께는 500 μ m로 하였다.

용접시에 있어서, YAG 레이저광의 파장은 1.064 μ m이고, 조사스폿의 직경은 500 μ m로 하고, 조사에너지는 1스폿당 60W, 70W, 80W로 행하였다.

(비교예)

레이저광의 에너지분포가 다르다는 것 이외에는 상기 실시예와 같은 방법으로 각형 밀폐식 전지를 제작하였다.

(실험 1)

실시예 및 비교예의 제조법으로 전지를 제작하고 열응력을 해석하였다. 그 결과를 표 1에 나타낸다. 또 여기에서는 레이저광이 조사되는 개소에 생기는 열응력 중 가장 큰 열응력을 기재하고 있다.

[표 2]

| 범 형상 | 파워 (W) | 열응력($\times 10^3$ N/cm ²) |
|------|--------|--|
| 종래 | 60 | 5.5 |
| | 70 | 6.2 |
| | 80 | 6.9 |
| 실시예 | 60 | 3.3 |
| | 70 | 4.1 |
| | 80 | 4.6 |

표 2에서 알 수 있는 바와 같이 실시예에 관한 레이저광에 의한 용접에서는 비교예의 경우에 비해 대폭 열응력이 저감되어 있다.

(실험 2)

실시에 및 비교예의 제조법으로 전지를 제작하고, 수율(크랙이 발생하지 않은 비율)을 조사하였다.

그 결과 실시예에 관한 레이저광에 의한 용접에서는 비교예의 경우에 비해 크랙발생률이 대폭 줄고, 상기 제조법에서는 실시예에 관한 전지의 수율이 95% 이상이었다.

레이저광의 형상을 바꾸는 장치구성에 대하여, 상기 설명에서는 빔 호모지나이저와 투영렌즈로 행하였지만, 이것에 한정되지 않고, 예를 들면 익스팬더와 마스크와 투영렌즈에 의해서도 실현된다. 즉 우선 익스팬더에 의해 레이저 발전장치로부터의 레이저광을 넓히고, 그 중앙부분을 마스크와 투영렌즈로 용접개소에 투영함으로써 평탄부를 생성할 수 있다.

또 상기 실시예에서의 레이저 스폿은 원형이었으나, 이것에 한정되지 않고, 원형이 약간 편평한 형상이거나 다각형의 형상이라도 상관없다. 또 이들의 원형 이외의 형상의 경우에는 상기 스폿직경 Φ 는, 예를 들면 레이저 스폿의 중심을 거치는 최대직경으로 나타낼 수 있다.

(제 3 실시예)

다음에 또 다른 실시예에 대하여 설명하기로 한다.

도 19는 본 실시예에 관한 각형 밀폐식 전지(200)(이하 간단히 전지(200)라 함)의 사시도이다. 동일번호는 도 13에 도시된 전지(100)와 같은 요소를 나타낸다.

전지의 제작에 있어서, 봉입판이나 외장케이스 등 그 밖의 전지의 각 요소의 제조방법은 상기 제 2 실시예와 마찬가지로 설명은 생략하기로 한다.

여기에서는 봉입판과 외장케이스의 용접방법이 제 2 실시예와 다르다. 이하에 용접방법에 대하여 상세히 설명하기로 한다.

[레이저용접에 의한 봉입]

도 20은 레이저용접에 의해 외장케이스를 봉입하는 모양을 도시한 도면이다.

본 도면에 도시된 장치에 있어서, 집광렌즈(210)는 그 광축을 봉입판(31)과 평행한 면 내에서 임의의 방향으로 구동할 수 있도록 되어 있다. 그리고 이 집광렌즈(210)에 레이저광 발전장치(도시생략)로부터의 레이저광(220)이 광섬유를 경유하여 유도되도록 되어 있다.

레이저광 발전장치는 YAG를 이용하여 발광시키는 것으로서, 레이저광(220)을 펄스형상으로 출력한다(예를 들면, 레이저펄스 반복수 : 50pps).

이 레이저광(220)은 집광렌즈(210)를 통과함으로써 봉입판(31)과 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)의 경계(40) 상에 집광하여 작은 원형상의 스폿(230)(스폿직경 : 수백 μ m)를 형성한다.

이러한 레이저광의 조사방식에 의해 용접개소의 주위에 있는 부재(절연슬리브(26) 등)에 열적 손상을 주지 않고 스폿(230)의 부분을 국소적으로 용융시킬 수 있다.

레이저광(220)이 조사된 스폿(230)의 부분에서는 봉입판(31)과 외장케이스(10)의 개구가장자리부(10a)가 용융하여 용융풀이 생기지만, 그 용융풀은 단시간에 응고된다. 도 20에서 240은 이 용융풀이 응고된 것이다.

레이저광 발전장치에서 발전하는 레이저광의 반복수 및 집광렌즈(210)의 주사속도는 레이저광(220)의 스폿(230)이 적전에 조사한 스폿과 적절히 오버랩하도록(통상 40~60% 정도의 오버랩율이 되도록) 조정한다.

이와 같이 레이저광(220)을 조사하면서 레이저광(220)의 스폿(230)을 합하여 N₂가스분배(250)로부터 공급되는 N₂가스를 보조가스로서 분사한다(유량 : 예를 들면 5리터/분). 그리고 이 보조가스의 분위기에서 용접함으로써 용접개소의 산화가 방지되도록 되어 있다.

또 이 보조가스는 내부에 히터를 구비한 가열기(260)에서 고온으로 가열되고 나서 용접개소에 공급되도록 되어 있다.

따라서 스폿(230)이 적중하는 부분에 형성되는 용융풀은 이 고온의 가스분위기에서 서서히 냉각되므로 이 용접개소에서의 열응력의 발생이 완화되어 크랙의 발생이 억제된다. 또 보조가스를 가열하더라도 용융부를 국소적으로 가열할 수 있으므로 전지 내부의 발전요소 등이 열에 의해 손상을 받는 일도 없다.

상세한 것은 후술하겠지만, 용접부에서의 크랙발생에 대한 충분한 억제효과를 얻기 위해서는 보조가스의 가열온도를 400K 이상으로 설정하는 것이 바람직하다.

또 보조가스로서는 질소가스 외에 아르곤가스 등의 비활성가스나 수소가스, 산소 등이 이용되는 경우도 있다.

이와 같이 가열한 보조가스를 쏘이면서 레이저광(220)을 경계(40) 상에 집광하여 조사하면서 경계(40)를 따라서 방향(도 20의 화살표 A2 방향)으로 집광렌즈(210)를 주사함으로써, 경계(40)를 따라 연속적으로 용접부(240)를 형성한다. 그리고 경계(40)의 전술레에 걸쳐 용접하고 봉입을 완료한다.

(보조가스의 온도와 열응력의 관계에 대하여)

레이저용접시에 용접부에 분출하는 보조가스의 온도와, 용접부의 온도이력 및 용접부에 발생하는 열응력(스폿의 중앙부에 생기는 열응력)의 관계에 대하여 유한요소법을 이용하여 해석하였다.

스폿의 중앙부에 생기는 열응력을 해석하는 것은 상기한 바와 같이 레이저용접에 수반하여 발생하는 열응력이 스폿의 중앙부에서 가장 크고, 이것이 크랙발생의 요인이라고 생각되기 때문이다.

이 유한요소법에 의한 해석은 이하의 조건에 기초하여 행하였다.

외장케이스(10) 및 봉입판(31)의 판두께 : 500 μ m

레이저광의 파장 : 1.064 μ m

레이저광의 파워밀도 : 1스폿당 1.5×10^6 W/cm²

레이저광의 스폿직경 : 450 μ m

펄스폭 : 3.0ms

레이저광조사로부터의 해석시간 : 5.0ms

봉입판의 용점 : 930K

절연슬리브(26)의 수지열영향 발생점 : 600K

도 21, 22는 이 해석결과를 나타내는 특성도로서, 도 21은 보조가스의 온도를 300K, 350K, 400K, 800K로 설정했을 때의 용융부(용융풀)의 온도이력을 나타낸다.

도 21의 그래프를 보면 용융부의 온도는 레이저조사 시작으로부터 1ms 정도가 경과할때까지(즉 용융부가 최고온도에 도달한 직후까지)는 보조가스온도에 관계없이 마찬가지로이지만, 그 후는 보조가스의 온도의 차이에 따라 상당한 차이가 보인다. 즉 보조가스의 온도가 350K 이하인지 400K 이상인지에 따라 용융부의 냉각속도에 상당한 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

예를 들면 보조가스의 온도가 300K 및 350K인 경우는 약 1.5ms 경과한 시점에서 용접부의 온도가 1000K로 저하하고 있지만, 보조가스의 온도가 400K 및 800K일 때는 용접부의 온도가 1000K로 저하하는 것은 약 3ms가 경과한 시점이다.

이 결과는 보조가스를 400K 이상의 고온으로 설정하면, 용융부를 용점(약 930K) 이상의 온도로 3ms 이상 유지할 수 있는 것을 나타낸다.

도 22는 보조가스의 온도를 300K, 350K, 400K, 800K로 설정하였을 때의 용융부에 발생하는 열응력을 조사 횟수별로 나타내는 특성도이다.

도 22의 그래프를 보면 1회째의 조사시에 비해 2회째의 조사시가 열응력이 약간 커지지만, 2회째 이후의 열응력의 크기는 거의 일정한 것을 알 수 있다.

또 보조가스의 온도가 300K 및 350K인 경우는 발생하는 열응력의 최대값이 4.2×10^8 N/cm² 정도이지만, 보조가스의 온도가 400K 및 850K인 경우는 발생하는 열응력의 최대값이 4.0×10^8 N/cm² 미만이다.

따라서 실시예의 각형 밀폐식 전지에 이용한 알루미늄 합금의 경우는 인장강도가 4.3×10^8 N/cm² 정도인 것을 고려하면, 발생하는 최대열응력이 이 인장강도 미만인 되도록 설정하기 위해서는 보조가스의 온도를 400K 이상으로 설정하는 것이 바람직한 것을 알 수 있다.

상기 도 21, 도 22의 결과에 기초하여 고찰하면, 알루미늄망간합금의 경우, 크랙발생률을 낮게 억제하기 위해서는 용접부에 발생하는 최대열응력을 외장케이스(10) 재료의 인장강도 이하로 억제하기 위해서는 레이저광 조사시에 용접부에 발생하는 최대열응력을 4.3×10^8 N/cm² 이하로 억제하면 된다고 생각할 수 있지만, 상기와 같이 보조가스의 온도를 400K 이상으로 설정함으로써 용융부의 온도를 용점미상으로 3ms 이상 유지하고, 용접부에 발생하는 최대열응력을 4.3×10^8 N/cm² 이하로 억제하는 것이 가능하게 된 것으로 생각할 수 있다.

[실험]

보조가스의 온도를 300K, 350K, 400K, 800K의 각 온도로 설정하여 실제로 레이저봉입(주사속도는 18m/sec)을 행하여 전지를 제작하고, 그 때의 수율을 측정하는 실험을 하였다.

도 23은 그 실험결과를 나타낸 그래프로서, 보조가스의 온도와 수율의 관계를 나타낸다.

실험의 결과에서는 보조가스의 온도가 300K, 350K인 경우는 수율이 96%이지만 보조가스의 온도가 400K, 800K인 경우는 수율이 99%이다.

이것은 크랙발생을 억제하기 위해서는 보조가스의 온도를 400K 이상으로 설정하는 것이 바람직하다는 것을 뒷받침하고 있다.

(제 4 실시예)

도 24는 본 실시예에서의 레이저 봉입 형태를 도시한 도면이다.

상기 제 3 실시예에서는 가열한 보조가스로 용융부를 보존하면서 냉각하여 레이저봉입을 행하였으나, 본 실시예에서는 보조가스의 가열은 행하지 않고 각부를 반도체 레이저(301~304)로 가열하면서 레이저봉입을 행한다.

즉 개구가장자리부의 4개의 각부(10d)에 대향하여 4개의 반도체 레이저(301~304)를 배치하고, 각 각부에

레이저광을 조사할 수 있도록 해 둔다. 반도체 레이저(301~304)의 구체예로서는 AlGaAs 레이저 다이오드나 InGaAsP 레이저 다이오드를 들 수 있다.

레이저용접을 실시할 때에는 제 3 실시예와 마찬가지로 레이저광 발전장치로부터의 레이저광(220)을 집광렌즈로 봉입체와 외장케이스의 경계(40) 상에 집광하여 조사하면서 레이저 스폿을 경계를 따라 주사함으로써 용접하지만, 각부를 용접할 때(즉 레이저 스폿이 각부를 통과할 때)에는 거기에 반도체 레이저(301~304)로부터의 레이저광도 맞추어 조사하여 가열함으로써 용융부를 서서히 냉각시킨다.

각형 전지를 제조하는 데에 있어서, 금속성의 판체를 밀면이 있는 각통형상으로 성형하여 외장케이스(10)를 제작하면 외장케이스(10)의 개구가장자리부에서는 각도가 큰 각부(10d)에서는 각도가 작은 직선부(10e)보다 잔류응력이 크다. 따라서 레이저봉입할 때 각부(10d)에 크랙이 발생하기 쉽지만, 상기한 바와 같이 각부(10d)를 반도체 레이저(301~304)로 가열하면서 레이저봉입을 하면 각부(10d)에서는 용접부가 서서히 냉각되기 때문에 각부(10d)의 용접개소에 발생하는 열응력을 저감하여 크랙의 발생을 억제할 수 있다.

또 반도체 레이저(301~304)를 이용하면 각부(10d)를 국소적으로 가열할 수 있으므로 전지 내부의 발전요소가 열에 의해 손상을 받는 일도 없다.

본 실시예와 같이 레이저봉입을 할 때 반도체 레이저(301~304)로 가열하면서 용융부를 서서히 냉각시키는 것에 의해서도 제 1 실시예와 마찬가지로 수율을 향상시킬 수 있다.

상기 각 실시예에서는 리튬 2차전지의 경우를 예로 들어 설명하였지만, 본 발명은 니켈수소전지 등의 2차 전지 혹은 1차전지에 있어서도 적용할 수 있다.

또 상기 각 실시예에서는 외장케이스나 봉입판의 재질로서 크랙발생의 문제가 생기기 쉬운 알루미늄 합금을 이용하는 경우에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 스테인레스 등을 이용하는 경우에도 적용할 수 있다.

또 상기 각 실시예에서는 실용성이 높은 각형 밀폐식 전지에 대하여 설명하였지만, 본 발명의 제조방법은 각형 밀폐식 전지에 한정되지 않고 밀면이 있는 통형상의 외장케이스를 이용한 전지에 대하여 널리 적용할 수 있다.

또 제 1 실시예, 제 3 실시예 및 제 4 실시예에서는 이용하는 레이저광의 에너지분포에 대해서는 설명하지 않았으나, 이를 실시예에서 이용한 레이저광의 에너지분포는 가우스분포이다.

또 용융물이 응고하여 생기는 용접자취는 그대로는 관찰하기가 곤란한 것이 있다. 그러나 고온에서 금속이 용융되기 때문에 금속의 결정구조가 변화하므로 소정의 전해연마처리를 실시하여 전자현미경으로 관찰할 수 있다.

또 상기 각 실시예는 각각 단독으로 실시하더라도 용융부에서의 열응력을 줄이는 효과는 크지만, 그들을 임의로 조합하여 실시할 수도 있고, 조합하여 실시하는 편이 단독의 형태로 실시하는 것보다 현저한 효과를 얻을 수 있다고 생각된다.

산업상 이용가능성

본 발명의 밀폐식 전지의 제조방법은 휴대전화, AV기기, 컴퓨터 등의 휴대기기를 비롯한 각종 전자기기의 전원으로서의 전지의 제조에 이용된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 개구가장자리가 동체부위와 동등한 두께 혹은 그것에 비해 얇은 외장케이스를 제작하는 외장케이스 제작단계와,

외장케이스의 개구가장자리에 끼워넣는, 판체의 바깥둘레를 따라 리브를 갖는 봉입체를 제작하는 봉입체 제작단계와,

외장케이스에 발전요소를 수납한 후 외장케이스의 개구가장자리에 리브를 밀착시켜 끼운 상태로 봉입체를 외장케이스에 장착하는 장착단계와,

에너지빔을 조사하여 외장케이스의 개구가장자리와 봉입체 리브의 경계부를 용접하는 용접단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 2. 제 1항에 있어서,

상기 봉입체 제작단계에서는,

봉입체의 판체의 두께를 $T1(\mu m)$, 봉입체 리브의 높이를 $T2(\mu m)$ 로 하면, $T2 \geq (T1/10+40)\mu m$ 의 식을 만족하도록 봉입체를 제작하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 3. 제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 봉입체 제작단계에서는,

봉입체 리브의 두께가판체의 두께와 동등 혹은 그보다 얇게 되도록 봉입체를 제작하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 4. 제 3항에 있어서,

상기 봉입체 제작단계에서는,

봉입체 리브의 두께를 $T3(\mu m)$ 으로 하면, 이 두께 $T3$ 과 판체의 두께 $T1$ 이 $50(\mu m) \leq T3 \leq T1$ 의 식을 만족하

도록 봉입체를 제작하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 5. 제 1항에 있어서,

상기 외장케이스 제작단계에서는,

외장케이스의 개구가장자리의 두께를 L1, 그 동체부분의 두께를 L2로 하면, 외장케이스의 개구가장자리의 두께 L1과 동체부분의 두께 L2가 $50(\mu\text{m}) \leq L1 \leq L2$ 의 식을 만족하도록 외장케이스를 제작하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 6. 제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 봉입체 제작단계에서는,

판체의 바깥둘레를 절곡하여 리브를 형성하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 7. 제 3항에 있어서,

상기 봉입체 제작단계에서는,

판체의 바깥둘레를 절곡하여 리브를 형성하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 8. 제 4항에 있어서,

상기 봉입체 제작단계에서는,

판체의 바깥둘레를 절곡하여 리브를 형성하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 9. 제 1항에 있어서,

상기 외장케이스 제작단계에서는,

외장케이스의 안둘레측에 슬림부를 형성하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 10. 개구가장자리가 동체부위와 동등한 두께 혹은 그에 비해 얇은 외장케이스와 바깥둘레부에 리브를 갖는 봉입체가 상기 개구가장자리에 리브를 밀접시킨 상태로 배치되고, 에너지 빔의 조사에 의해 용접되어 있는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지.

청구항 11. 제 10항에 있어서,

상기 외장케이스는 안둘레측에 슬림부를 갖는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지.

청구항 12. 외장케이스에 발전요소를 수납하는 수납단계와,

외장케이스의 개구부에 봉입판을 장착하고, 상기 봉입판의 바깥둘레부와 외장케이스의 개구가장자리를 양자의 경계를 따라 에너지 빔을 조사하면서 주사하는 것에 의해 용접하고, 봉입하는 봉입단계로 이루어지는 밀폐식 전지의 제조방법에 있어서,

상기 봉입단계에서 사용하는 에너지 빔은 용접소재가 용융되었을 때 봉입부의 온도구배가 가우스분포의 에너지 빔을 이용한 경우보다 작게 되는 에너지분포를 갖는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 13. 외장케이스에 발전요소를 수납하는 수납단계와,

외장케이스의 개구가장자리에 봉입판을 장착하고, 봉입판의 바깥둘레부와 외장케이스의 개구가장자리를 양자의 경계를 따라 에너지 빔을 조사하면서 주사하는 것에 의해 용접하고, 봉입하는 봉입단계로 이루어지는 밀폐식 전지의 제조방법에 있어서,

상기 봉입단계에서 사용하는 에너지 빔은,

빔스폿의 직경을 φ , 빔스폿의 소정점의 에너지를 P_c , P_c 와의 차를 dP 라 정의했을 때,

$dP / P_c < 0.05$ 의 조건을 만족하는 평탄영역의 직경이 0.2φ 이상에 미치는 에너지분포를 갖는 것으로서,

당해 평탄영역을 상기 경계를 따라 조사하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 14. 외장케이스 내에 발전요소가 수납되고, 외장케이스의 개구가장자리가 봉입판이 용접되는 것에 의해 봉입되는 밀폐식 전지에 있어서,

외장케이스와 봉입판의 용접개소에는 실크랫 형상의 용접자취가 존재하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지.

청구항 15. 밀면이 있는 통형상의 외장케이스 및 이 외장케이스의 개구가장자리를 봉입하는 봉입판을 제작하는 외장케이스 제작단계와,

외장케이스에 발전요소를 수납하는 수납단계와,

외장케이스의 개구부에 봉입판을 장착하는 장착단계와,

봉입판의 바깥둘레부와 외장케이스의 개구가장자리의 경계부분에 에너지 빔을 조사하여 용융하는 용융단계와,

상기 용융부를 서서히 냉각시키는 서냉단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 16. 제 15항에 있어서,

상기 서냉단계에서는,

가열된 보조가스의 분위기에서 상기 용융부를 보온하면서 냉각하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 17. 제 16항에 있어서,

상기 서냉단계에서는,

400K 이상으로 가열된 보조가스를 상기 용융부의 주위에 공급하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 18. 제 15항에 있어서,

상기 서냉단계에서는,

상기 용융부에 반도체 레이저로부터의 레이저광을 조사함으로써 상기 용융부를 보온하면서 냉각하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 19. 제 15항 내지 제 18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 외장케이스 제작단계에서는,

외장케이스 및 봉입판을 알루미늄 합금으로 된 재료로 제작하는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지의 제조방법.

청구항 20. 밀면이 있는 통형상의 외장케이스 내에 발전요소가 수납되고, 외장케이스의 개구가장자리가 봉입판으로 봉입되어 이루어지는 밀폐식 전지에 있어서,

봉입판의 바깥둘레부와 외장케이스의 개구가장자리는,

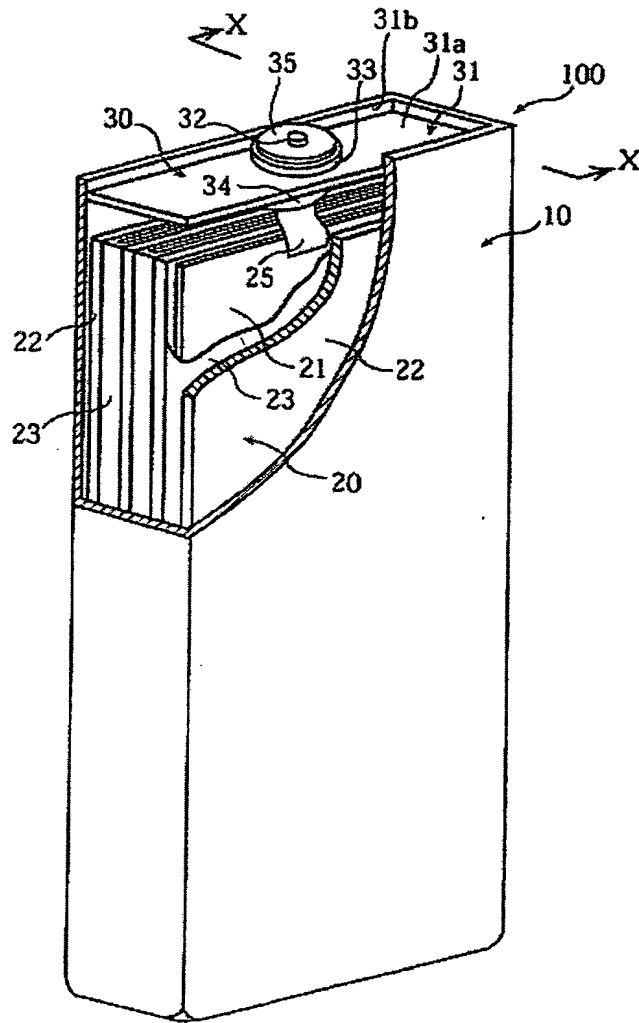
레이저광을 조사하여 용융하는 것과 아울러 상기 용융부를 서서히 냉각시키는 것에 의해 용접되는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지.

청구항 21. 제 10항, 제 11항, 제 14항 및 제 20항 중 어느 한 항에 있어서,

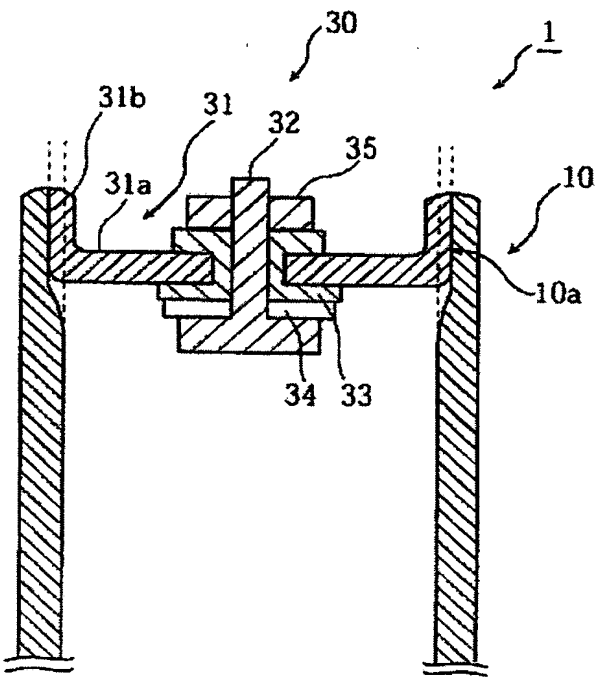
상기 외장케이스 및 봉입판은 알루미늄 합금으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 밀폐식 전지.

도면

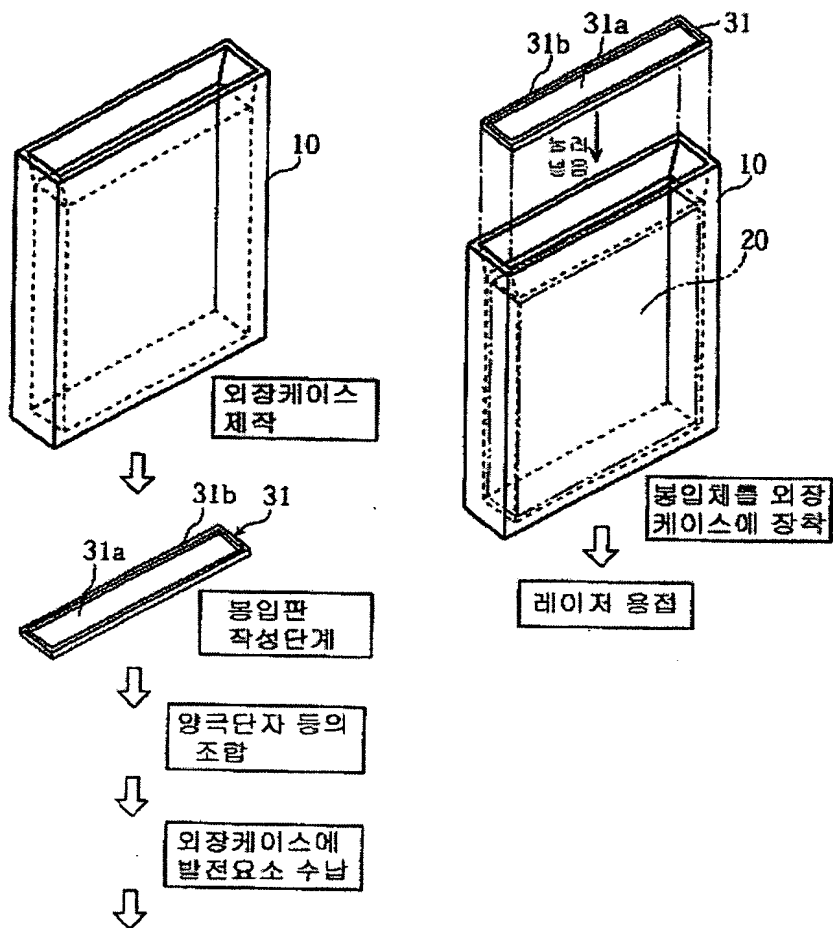
501



도 22



도 83



도 24

